

Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ FERRİT NANOTOZLARININ İQ SPEKTRLƏRİ

A.Ə. SADIQOVA, Ş.Ə. ƏHMƏDOVA, Ş.N. ƏLİYEV, T.R. MEHDİYEV
Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının H.M.Abdullayev adına Fizika İnstitutu
AZ-1143, Azərbaycan, Bakı, H.Cavid pr.131

Zn (və ya Ni)-in müxtəlif miqdarlarında Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferrit nanotozlarının 4000sm⁻¹-50sm⁻¹ infraqırmızı aralığında diffuz əksolunma spektrlərinin təcrübi tədqiqatlarının nəticələri göstərilmişdir. Bu ferritlərin İQ spektrlərinin intensivliklərinin müxtəlif tərkibli ferritlərdə Fe²⁺ və Fe³⁺ kationlarının miqdarından asılılığı qurulmuşdur. Ferritlərin tərkibindən asılı olaraq əks olunma spektrlərinin dəyişmə xüsusiyyətləri interpretasiya edilmişdir.

Bu iş Qrant № EİF-BGM-3-BRFTF-2+/2017-15/04/1 Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Elmin İnkişafı Fondunun maliyyə dəstəyi ilə həyata keçirilmişdir.

Açar sözlər: İR spektroskopiya, altqəfəs, ferrit, simmetriya

DOI: 10.21883/FTT.2017.03.44164.468

PACS: 41.20 Gz; 42.72 Ai

1. GİRİŞ

Keçən əsrdən geniş praktiki əhəmiyyətə malik olan Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferritləri bugünkü gündə də böyük elmi maraq kəsb edir. Bunu da nəşr edilən elmi məqalələrin çoxluğu ilə görmək olar. Ferritlərin xarakteristik xüsusiyyəti onların bir-biri ilə dolaylı mübadilə qarşılıqlı təsirində olan 2 maqnit alt qəfəsə malik olmalarıdır (hər bir alt qə-

fəs atomları arasındakı dipol qarşılıqlı təsir müxtəlif alt qəfəsələri atomları arasındakı dipol qarşılıqlı təsirdən daha azdır). Bu ferritlərin öyrənilmiş tərkiblərinin digər xüsusiyyəti, simmetriya dəyişmədən çevrilmiş şpinel quruluşdan (NiFe₂O₄) normal şpinel quruluşu (ZnFe₂O₄) tədricən keçməsidir və bu zaman ferromaqnit düzülüşdən antiferromaqnit düzülüşə keçid müşahidə olunur.

Cədvəl 1.

Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄-ferrit nanotozlarının infraqırmızı spektrləri

| Infraqırmızı spektrdə 50sm ⁻¹ -700sm ⁻¹ aralığında Ni _{1-x} Zn _x Fe ₂ O ₄ fononların tezlikləri | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|---------|------|----------|---------|-----|----------|------|--------------------|------|-----|-----------|
| | [23], [20] | Təcrübə | | [20] | Təcrübə | | [20] | Təc. | [20], [11] | Təc. | | [9], [20] |
| x | 0 | 0 | 0.25 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.75 | 1.0 | 1.0 |
| simmetriya | | | | | | | | | | | | |
| F_{1u}¹ | 604 [20] | 604 | 592 | 590 [20] | 584 | 578 | 578 [20] | 582 | 571[20] 582[11] | 570 | - | 569[9] |
| | | - | - | | - | 544 | | 544 | | 550 | 542 | 542[20] |
| | | 533 | 538 | | 522 | | | 535 | | - | - | |
| | | 529 | 528 | | 512 | 529 | | 525 | | 516 | 519 | |
| | | - | 524 | | 508 | - | | 518 | | 506 | 507 | |
| | 460 [20] | - | 456 | | 497 | 454 | | - | | 500 | 471 | 463[20] |
| | | 443 | 442 | | 437 | 436 | | - | | - | - | |
| | | 432 | 433 | | | 429 | | 430 | | - | - | |
| F_{1u}² | 426 [20] | 425 | 426 | 426 [20] | 426 | 424 | 426 [20] | - | 426[20] | 421 | 426 | 420[9] |
| | | - | 403 | | 401 | - | | 403 | 401[11] | 394 | 398 | |
| | | 392 | 391 | | 389 | 389 | | 388 | | 391 | 388 | |
| | 373 [23] | - | 367 | | 363 | 356 | | - | | 330 | 332 | |
| | | 349 | 345 | | 346 | 343 | | 324 | | - | - | |
| | | 306 | 306 | | 304 | 300 | | 299 | | 308 | 313 | |
| | 273 [23] | 273 | 275 | | 270 | 266 | | 284 | | 287 | 294 | |
| F_{1u}³ | 250 [23] | 249 | 247 | | - | 248 | | 236 | | - | 247 | |
| | | - | 204 | | 204 | 206 | | 195 | | 206 | 206 | 206[20] |
| | | 169 | 169 | | 171 | 173 | | 163 | | 177 | 183 | |
| | | 96 | 93 | | 95 | 95 | | 128 | | 81 | 84 | |
| | | 95 | 90 | | 89 | 88 | | 55 | | 77 | 80 | |
| | | - | 85 | | 84 | 83 | | 52 | | 73 | 76 | |
| | | 74 | 76 | | 71 | 72 | | 43 | | 58 | 69 | |

Qeyd edək ki, sinkin miqdarı artdıqca, ferritlərin başlanğıc maqnit nüfuzluğu artır ($NiFe_2O_4$ üçün $\mu_H=55$), $Ni_{0.28}Zn_{0.72}Fe_2O_4$ tərkibində maksimuma çatır ($\mu_H=4200$) və sonra kəskin azalır [2]. Polikristal $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ nümunələrinin kiçik bucaqlı neytron səpilməsinə dair aparılan tədqiqatlara həsr olunmuş məqalələrdə [3,4] adi keramika texnologiyası ilə sintez edilmiş bu ferritlərin $x(Zn)=0.60, 0.68, 0.75$ konsentrasiyalarında aşağı temperaturlarda qeyri-kollinear maqnit struktur üçün xarakterik olan yüksək sahə qavrayıcılığı qeydə alınır. 4.2K temperaturda bu tərkiblərdə maqnit momentlərinin z-proyeksiyalarının maqnit qeyri-bircinsliyinin (orta ölçü: 1-10nm) əmələ gəlməsi nəticəsində kiçik bucaqlı intensiv neytron səpilməsi müşahidə olunur. [4] işdə göstərilmişdir ki, $Ni_{0.4}Zn_{0.6}Fe_2O_4$ ferritləri Küri temperaturundan aşağı bütün temperaturalarda qəfəslər arası və qəfəslər daxili mübadilə qarşılıqlı təsirlərin rəqabəti nəticəsində yaranan qeyri-bircins struktura malikdir. Eyni zamanda, qeyri-bircins maqnit struktur bu ferritlərdə uzununa dalğa maqnit həyəcanlanma vəziyyətinin sıxlığının artmasına səbəb olur. Messbauer spektrlərinin tədqiqlərindən görüldüyü kimi, $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ -ferritlərinin struktur analoqu olan maqnetit nanotozlarında (dənəciklərin ölçüsü ~15-45 nm) zəif maqnit faza mövcuddur. Uyğun piklərin intensivlikləri zəif olduğundan, onları A və B alt qəfəsindəki dəmir ionlarının intensiv maksimumlarından ayırd etmək mümkün olmamışdır. Bu səbəbdən də, zəif maqnit fazanın parametrləri təyin edilməmişdir. Məqalənin müəlliflərinin də qeyd etdiyi kimi bu faza superparamagnetizmi xatırladır. Zn və Ni-nin müxtəlif miqdarlarında $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ -in nazik təbəqələrinin (~100nm tərtibli) 300K temperaturda atom qüvvə mikroskopunda tədqiqi

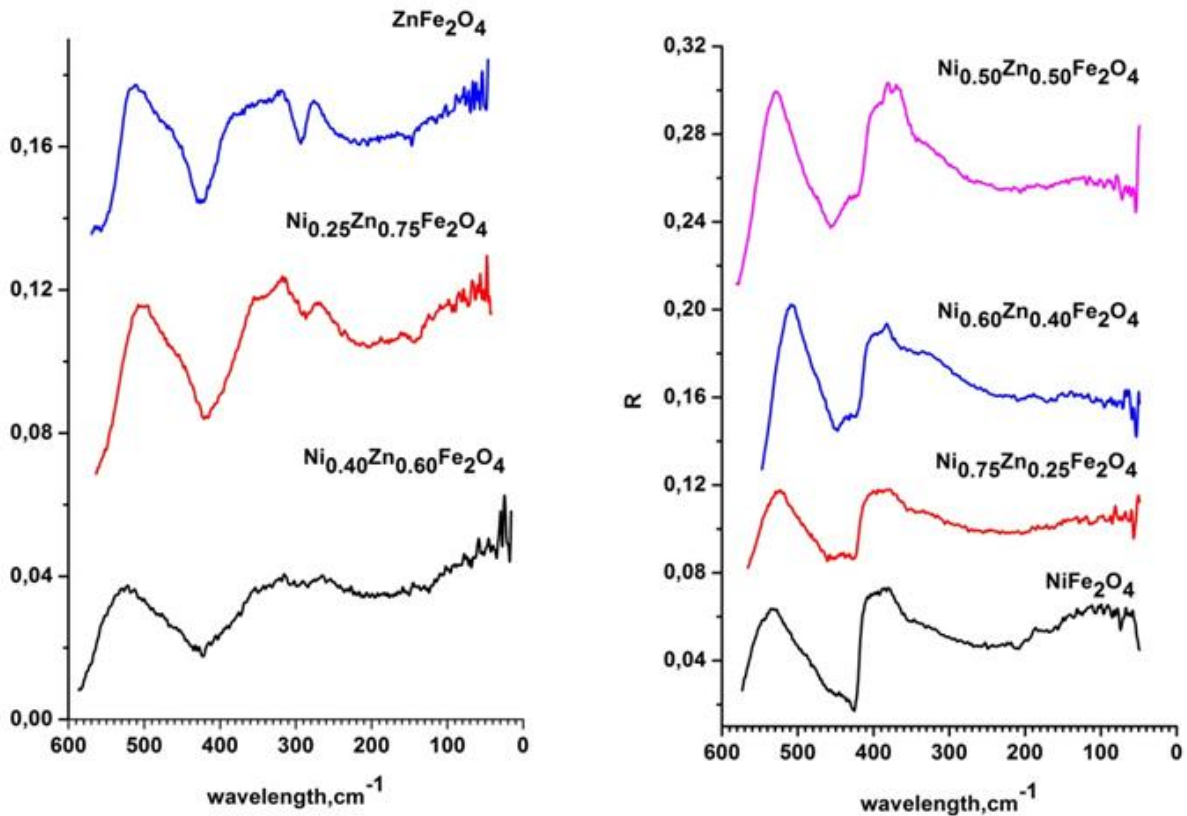
zamanı, bu ferritlərdə maqnit domen struktur müşahidə olundu [6]. $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərində domenlərin ölçüsü Fe kationlarının miqdarının dəyişməsi ilə dəyişir.

Məlum olduğu kimi [7], maqnit spektrlərini qeyri-elastik neytron səpilməsi, infraqırmızı və Raman səpilmə təcrübələrindən və, eyni zamanda, maqnit rezonansa aid təcrübələrdən əldə etmək olar. Qeyri-elastik səpilmə və Raman səpilmənin təsviri, fononların iştirakı ilə baş verən analogi proseslərin təsvirinə oxşardır.

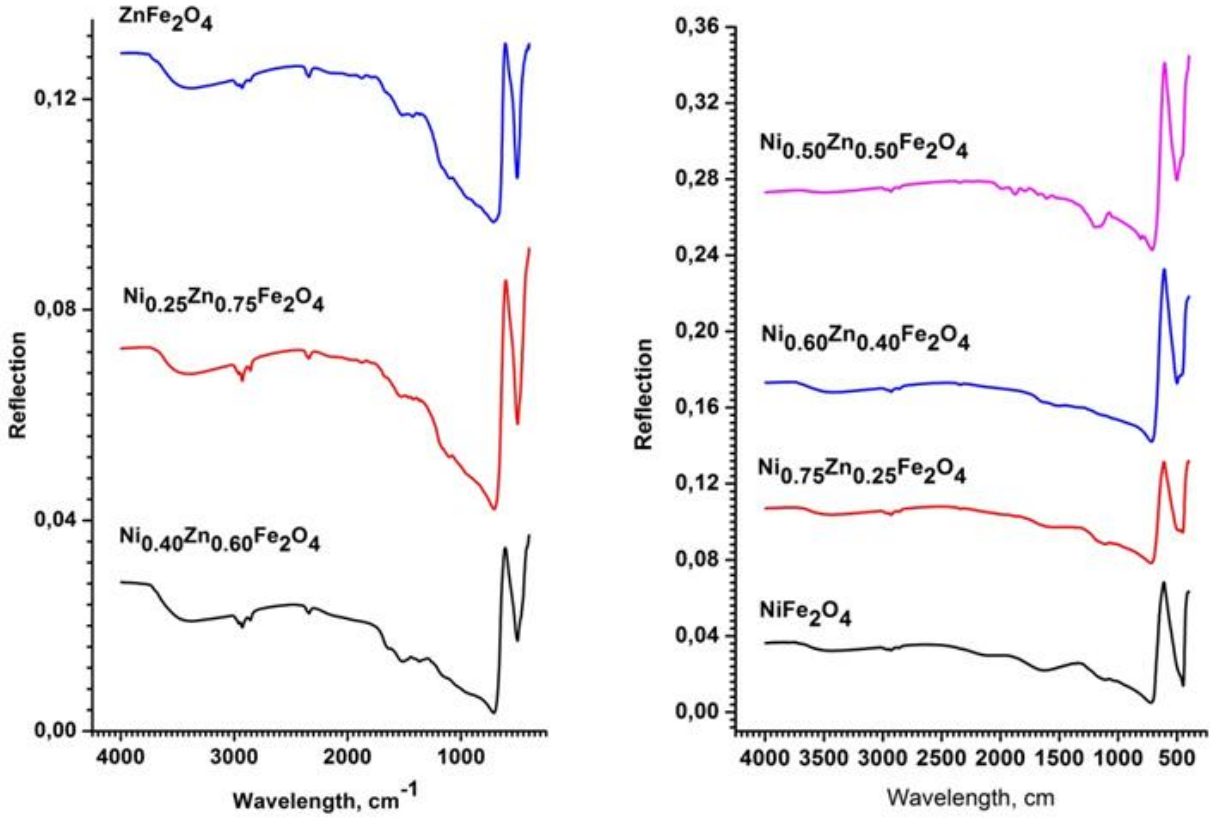
Məqalədə Ni və Zn-in müxtəlif miqdarlarında maqnit qeyri-bircinsliyinin $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferrit nanotozlarının infraqırmızı spektrlərinə təsirinə təcrübi olaraq tədqiqinin nəticələri göstərilmişdir.

2. NÜMUNƏLƏRİN HAZIRLANMASI.

Ferritlərin bütün tərkibləri ifrat təmiz ZnO, NiO, Fe_2O_3 tozlarının yüksək temperaturu sintezi ilə əldə edilmişdir [2,7]. Ətraflı olaraq, $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərin sintezi texnologiyası [2] işində dərc edilmişdir. [2] işindən məlum olduğu kimi $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərində NiO və ZnO-in artıq qalan miqdarı həll olmur. Fe_2O_3 artıq qalan miqdarı tərkibində Fe_3O_4 maqnetitin olduğu bərk məhlulu əmələ gətirir. [2] işində göstəriləndiyi kimi şpinel strukturlarda dayanıqlı hal yaranana qədər nöqtəvi defektlər və vakansiyalar şəklində nizamsızlığın müxtəlif formaları yaranır. Termodinamik tarazlıq pozulmaya qədər bu nizamsızlıqlar və onların konsentrasiyası praktiki olaraq dəyişməyəcək. Ferritlərin sintezi prosesində reaksiyanın tam getməsi üçün oksidlərdən ibarət qarışıq qızma mərhələsində 900°C-dən 1000°C-ə qədər bişirilməlidir.



Şəkil 1. 700-50 sm^{-1} diapazonda $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərinin diffuz əksolunma spektrləri.



Şəkil 2. 4000-700 sm⁻¹ İQ diapazonda Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferritlərinin diffuz əksəlmə spektrləri.

Bizim işdə Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ (x = 0, 0.25, 0.4, 0.5, 0.6, 0.75, 1) ferritlərin sintez olunmuş bütün tərkibləri 960°C temperaturda bişirilmişdir. Əldə olunmuş nümunələr üyüdüülərək dənəciklərinin ölçüsü ~20 nm olan nanotoz halına salınmışdır.

Sintez olunmuş ferrit nanotozlarının keyfiyyətinə XRDD8 ADVANCE (Bruker, Almaniya) rentgen diffraktometri və Raman spektrometri ilə nəzarət olunmuşdu. Əldə olunmuş bütün ferritlərin *Fd3m* [1] fəza simmetriya qruplu şpinel quruluşu (*Fd3m* – *O_h⁷* fəza simmetriya quruluşuna) malik olması müəyyən edilmişdir və bu nəticələr [8] işində dərc edilmişdir. Elementar qəfəs parametrləri təyin edilmişdir və müəyyən edilmişdir ki, Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferritləri 1100°C temperaturuna kimi öz quruluş və simmetriyalarını saxlayırlar.

Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ (x=0; 0,25; 0,4; 0,5; 0,6; 0,75; 1) nanotozlarının infraqırmızı spektrləri vakuum kamerasında, standart spektral ayırdetməsi 0,5sm⁻¹ olan, 4000-50sm⁻¹ spektral diapazonunda, Easi DiffTM diffuz əksətmə əlavəli (PIKETechnologies, USA) infraqırmızı Furiye Vertex70 spektrometrində (Bruker, Germany) tədqiq olunmuşdur və əldə olunmuş İQ spektrlər şəkil 1 və 2-də göstərilmişdir. Tədqiqatlar 300K temperaturunda aparılmışdır. Infraqırmızı spektrlərinin maksimumları Furiye spektrometrinin OPUS proqramında Kubelka-Munk tənliyi ilə analiz edilmişdir ki, burada da qalınlığı bir neçə millimetr olan kiçik tozun qalın, qeyri-şəffaf təbəqəsi $F(R) \equiv \frac{(1-R)}{2R} = \frac{k}{s}$ şəklində olur. Burada $R = \phi_1 / \phi_2$; ϕ_1 -toz təbəqəsinin diffuz əksətməsi, ϕ_2 -udulmayan etalonun

diffuz əksətməsi; k -udulmanın molyar əmsalındır və Lambert qanunu ilə təyin olunur: $\phi = \phi_0 \exp(-kd)$; s -dalğa uzunluğundan asılı olmayan səpilmə əmsalındır. Etalon kimi standart etalon olan təmiz silisium karbidindən (PIKE Technologies) istifadə olunmuşdu. Çoxsaylı təcrübələr və onların nəticələri sayəsində tədqiq olunan Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ (x=0; 0.25; 0.4; 0.5; 0.6; 0.75; 1) ferritlərin İQ spektrində müşahidə olunan incə quruluş və udma maksimumlarının vəziyyəti (Kubelka-Munk tənliyindən müəyyən edilir) müəyyən edilmişdir və bu nəticələr [9–13] işləri ilə uyğunluq təşkil edir. Cədvəldə bizim təcrübələrdən əldə etdiyimiz və [9–13] işlərindən götürülmüş nəticələr müqayisə olunmuşdur. Kramers-Kroninq metodu ilə infraqırmızı spektrlər daha ətraflı işlənmişdir (bu proses Furiye spektrometrinin proqramına daxil edilir və dielektrik keçiriciliyin xəyali və həqiqi hissələri, itki funksiyası, sınıma spektrləri və həmçinin udma və əksətmə spektrləri arasında əlaqəni müəyyən edir).

Alınmış infraqırmızı spektrlərin analizi bu spektrlərin mürəkkəb struktura malik olmasını və x-in qiymətinin dəyişməsi ilə spektrlərin nəinki yerdəyişməsi, həmçinin spektral komponentlərə parçalanmasını göstərdi.

3. TƏCRÜBİ NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏ

Məlumdur ki, *Fd3m* fəza simmetriya qrupuna aid olan şpinellərin infraqırmızı əksətmə spektrlərində *F_{1u}* tipli simmetriyanın infraqırmızı aktiv modaları, yəni inversiya mərkəzinə asimmetrik olan və ikinci tərtib oxu və ya

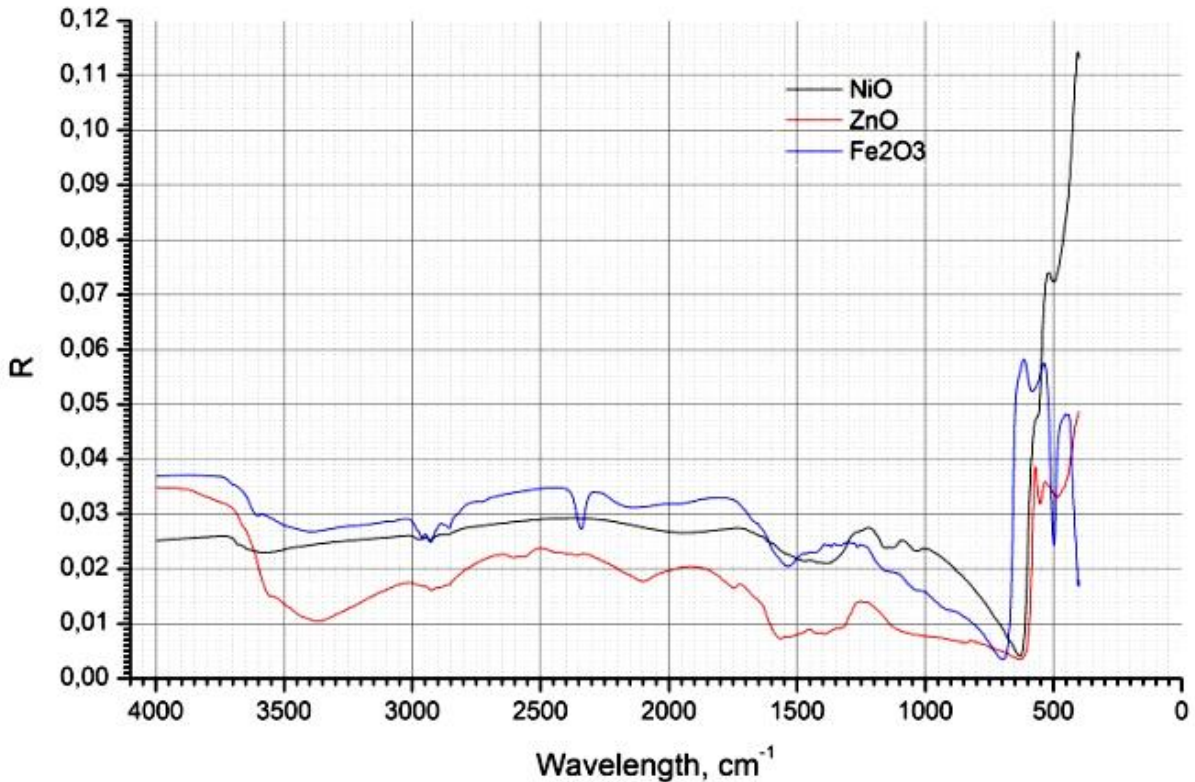
əks olunmanın şaquli müstəvisinə nəzərən simmetrik olan üçqat cırılmış rəqslər müşahidə olunmalıdır [14]. Belə ki, tədqiq olunan ferritlərin tərkibinə daxil olan Fe (55.847), Ni (58.69) və Zn (65.39) ionlarının kütlələri oksigen ionunun (15.999) kütləsindən xeyli böyük olduğuna görə, ağır metal ionlarına nisbətən oksigen ionunun rəqsi, praktiki olaraq, ağır ionların vəziyyətinə təsir etmir. Eyni zamanda, ağır ionların rəqsləri oksigen ionlarının rəqslərinə təsir göstərir. Oksigen ionunun yerdəyişməsi ya üçüncü tərtib C_3 oxu boyunca, ya da ona perpendikulyar istiqamətdə baş verə bilər [12]. Birinci halda $Me^{2+}-O-3Me^{3+}$ əlaqəsinin F_{1u}^1 rəqsləri müşahidə olunur (burada Me^{2+} - oktaedrik kation, Me^{3+} - üç teraedrik kationdur). Oksigen C_3 oxuna perpendikulyar yerdəyişmə etdikdə, $Me^{2+}-O-3Me^{3+}$ əlaqəsinin F_{1u}^2 rəqsləri müşahidə olunur. Ümumi halda bu rəqslərə spektrin müvafiq olaraq yüksək tezlikli və aşağı tezlikli zolaqları uyğundur. Kationların bir-birinə nəzərən F_{1u}^3 (Me^{3+} - Me^{3+} əlaqəsi) simmetriya rəqsləri daha aşağı tezliklərdə baş verir və zəif intensivliyə malikdirlər [12].

Məlumdur ki, $3627-3500\text{ cm}^{-1}$ (şəkil 2) oblastda zəif intensivlikli geniş udma zolağı (OH) ionlarının spektrə verdiyi qatqıya uyğundur [15]. Bu zolaq qırılmış rabitələr sayəsində ferrit nanozərrəciklərinin səthlərinin aktivliyi və böyük ehtimalla aktiv OH-qruplarının (OH)⁻ və H⁺

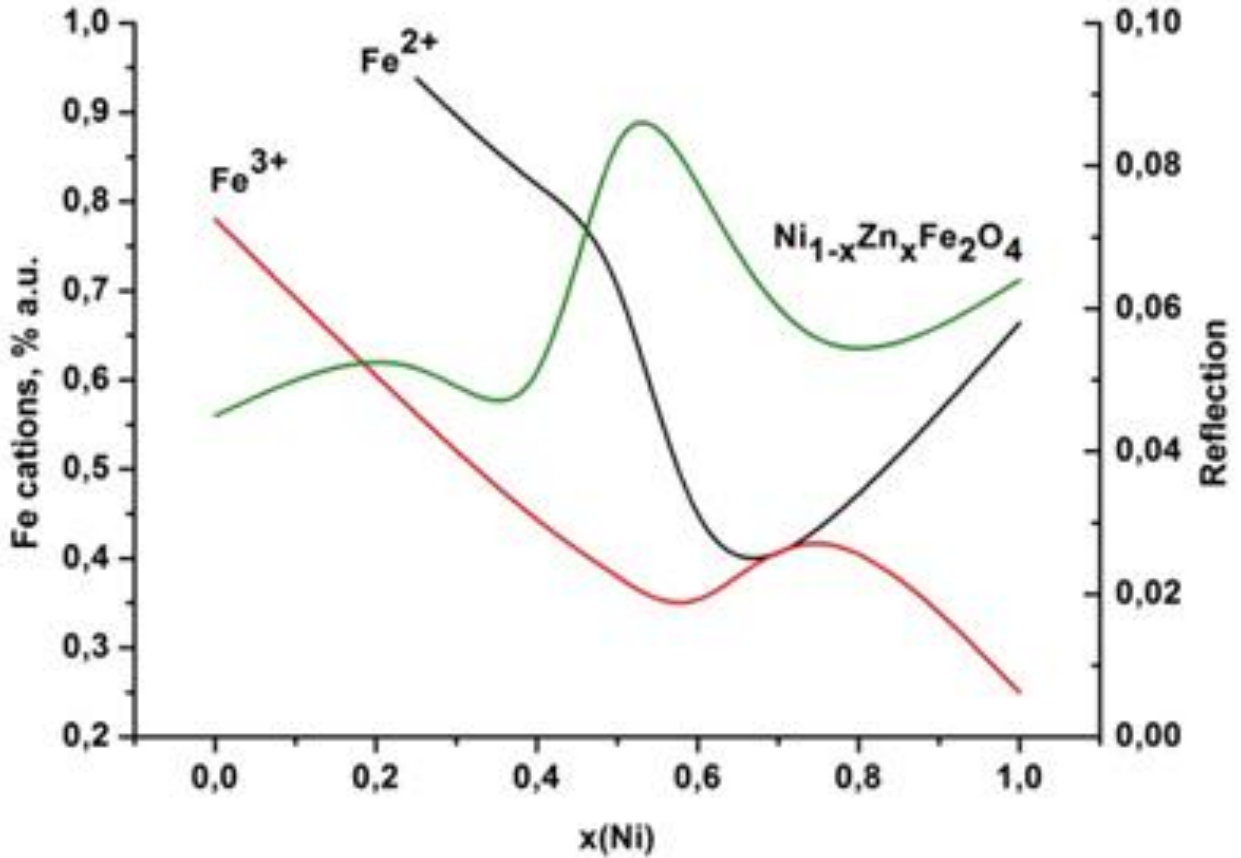
ionlarının adsorbsiyası nəticəsində yaranır. [16] işində göstərdiyi kimi, OH-qrupunun mövcudluğu maqnetit nanohissəciklərinin möhkəm qoruyucu təbəqə əmələ gətirərək polimer birləşmələrə asanlıqla nüfuz etməsinə imkan yaradır.

1630 cm^{-1} -də udulma zolağı $\delta(\text{HOH})$ deformasiya rəqsləri ilə bağlıdır və 823 cm^{-1} və 1045 cm^{-1} udma zolağı isə Zn-O-H və Fe-O-H əlaqələrinin deformasiya rəqslərinə uyğundur (şəkil 2). Ferritlərin bütün tərkibləri üçün $50-1000\text{ cm}^{-1}$ spektral aralıqda Fe-O, Ni-O və Zn-O əlaqələrinin qəfəs rəqslərinə uyğun geniş udulma zolağı müşahidə olunur. Alınmış nəticələrin izahı üçün $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərinin sintezində istifadə olunan ZnO, NiO və Fe_2O_3 (şəkil 3) komponentlərinin infraqırmızı spektrləri haqqında məlumat böyük maraq kəsb edir. Müqayisə üçün şəkil 3-də $Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe_2O_4$ -ün infraqırmızı spektri göstərilmişdir.

Fe_2O_3 spektrində Fe-O əlaqəsi F_{1u}^1 və F_{1u}^2 tipli simmetriyalara uyğun 545 cm^{-1} və 470 cm^{-1} zolağında xarakterik dublet təsvir olunmuşdur. Fe_3O_4 -də analoji dubletlər spektrin 590 (və ya 595 cm^{-1}) və 415 cm^{-1} tezlik zolağında müşahidə olunur [17]. Dublet quruluş həmçinin (590 cm^{-1} və 413 cm^{-1}) ZnO nanotozlarında da müşahidə olunur. NiO nanotozlarında $530-430\text{ cm}^{-1}$ spektral zolağı Ni-O əlaqəsinə uyğundur.



Şəkil 3. $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərinin sintezi prosesində istifadə olunmuş Fe_2O_3 , NiO və ZnO tozlarının nümunəsinin İO spektrləri.



Şəkil 4. $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritinin müxtəlif tərkiblərində Fe^{2+} [16] və Fe^{3+} [9] kationlarının konsentrasiyasından asılı olaraq IQ əks olunma spektrlərinin intensivliklərinin dəyişməsi.

Beləliklə, ZnO, NiO və Fe_2O_3 -ün infraqırmızı spektrlərinin $NiFe_2O_4$ -ün infraqırmızı spektri ilə müqayisəsi (604 sm^{-1} və 425 sm^{-1}) dubletini, uyğun olaraq, Ni-O və Fe-O əlaqələrinin rəqsi kimi şərh etməyə imkan verir. Cədvəldən də görünür ki, $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ tərkiblərində x-in artması ilə 604 sm^{-1} spektral xətti yerini 504 sm^{-1} vəziyyətinə dəyişir. Belə ki, x-in 0,5-ə yaxın qiymətlərində Zn-O əlaqəsinin rəqslərinə uyğun yeni 544 sm^{-1} komponentin yaranması müşahidə olunur və bu komponent $ZnFe_2O_4$ ferritində 542 sm^{-1} [9] və ya 569 sm^{-1} [10] tezliyində qeyd alınmışdır. Qeyd edək ki, təqribən 430 və 545 sm^{-1} maksimumlu tezlik oblastında udma zolaqları Fe-O-Zn yaxın koordinasiya ətrafında Zn^{2+} ionlu oktaedrik pozisiyalarda Fe-O valent əlaqəli rəqslərinin kombinə edilmiş zolaqlarıdır. F_{1u}^2 tipli simmetriya rəqsləri kimi interpretasiya edilən 425 sm^{-1} xəttin vəziyyəti tərkibdə x-in qiymətinin dəyişməsindən praktiki olaraq asılı deyil (cədvələ bax). Bu, Fe-O əlaqəsinin ($Fe^{3+}-O^{2-}-Fe^{3+}$) rəqsləri kimi şərh etməyə imkan verir.

Infraqırmızı spektrlərin intensivliyinin $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ -də x-in qiymətindən asılılığı (şəkil 4) bu ferritlərin tərkiblərində Fe^{2+} [18] və Fe^{3+} [9] kationlarının konsentrasiyasının dəyişməsinin nəzərə alındığı model çərçivəsində interpretasiya edilmişdir. Alınmış nəticələrdən görünür ki, Fe^{2+} və Fe^{3+} kationların konsentrasiyasının x-in qiymətindən asılı olaraq dəyişməsi diffuz əks olunma spektrlərin intensivliklərinin (maksimum $x=0,6$ ətrafında müşahidə olunur) dəyişməsinə səbəb olur. Bu tərkib ətrafında Fe^{2+} kationlarının konsentrasiyası kəskin

azalır və $x=0,7$ qiymətində Fe^{3+} kationlarının konsentrasiyasına bərabər olur. Çox güman ki, ferritin bu tərkibində maqnit nüfuzluğunun kəskin artmasının səbəbi bu faktır [2]. Digər tərəfdən, müxtəlif tərkibli ferritlərdə Fe^{2+} və Fe^{3+} kationların miqdarının dəyişməsi dolayı mübadilənin dəyişməsi nəticəsində “sıçrayışlı” elektronların sayının dəyişməsinə təsdiq edir [19]. Belə ki, [19] modelinə uyğun olaraq “sıçrayışlı” elektronlar struktura malik “öz” maqnit sahələrini yaradırlar və onların konsentrasiyasının dəyişməsi ferritdə ümumi maqnit sahəsinin paylanmasına təsir göstərir ki, bunu da $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərin EPR (elektroparamaqnit rezonans) tədqiqatları təsdiq edir [6].

[20] işində 300 K temperaturunda infraqırmızı udulma spektrində iki maqnonlu səpilmə zonasının vəziyyəti ilə üst-üstə düşən 1600 sm^{-1} maksimumu müəyyən olunmuşdur ki, bu da əvvəlki işlərdə əldə olunmuş Raman səpilmə spektrlərində də müşahidə edilmişdir. [20] işində bu maksimumun qarışıq xarakter daşdığı fərz edilir. Bizim tədqiqatlarımızda $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ferritlərində bu maksimum $1550-1400\text{ sm}^{-1}$ spektral zolağında müşahidə olunur və bu maksimumun intensivliyinin dəyişməsi Fe^{2+} və Fe^{3+} kationlarının konsentrasiyasının dəyişməsinə uyğundur (şəkil 4).

Cədvəldə göstərilirdiyi kimi, uzaq infraqırmızı spektrin 300 ilə 50 sm^{-1} tezlik oblastında eyniadlı kationlar arasında yaranan F_{1u}^3 tipli rəqslər müşahidə olunur. Onlara 249 sm^{-1} ($NiFe_2O_4$) və 206 sm^{-1} ($ZnFe_2O_4$) spektral xətləri uyğundur (şəkil 1). $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ tərkibli bütün ferritlərdə 249 sm^{-1} tezliyi ətrafında xəttin mövcud olması

onun (Fe³⁺-Fe³⁺) əlaqəli rəqslərə aid olduğunu təsdiq edir. Uyğun olaraq, 206 sm⁻¹ spektral xətti yalnız tərkibində Zn olan ferritlərdə müşahidə olunur. ZnFe₂O₄ ferritində 206sm⁻¹-də udma maksimumu [21] işində də müşahidə olunmuşdur. [18] işinin nəticələrindən görünür ki, “sıçrayışlı” elektronların [17] yaratdığı maqnit sahəsi Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferritlərində ~2-3 THs (70-100 sm⁻¹) oblas-tında antiferromaqnit rezonansının yaranmasına səbəb olur. Bu oblastda NiO-nun (36 sm⁻¹) [12] və Fe₂O₃-ün [22] antiferromaqnit rezonans xətləri yerləşir.

Qeyd edək ki, Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄-də müşahidə olunan infraqırmızı spektrlərin intensivliklərinin x-in qiymətindən asılı olması və bu spektrlərin formalaşması, uyğun olaraq, qeyri-aşkar formalı fonon qarşılıqlı təsirinin (“sıçrayışlı” elektron) mövcudluğu və həmçinin aşqar atomların təsiri ilə (yuxarıda göstəriləyi kimi vakansiya-ların mövcudluğu spinellərin xarakterik xüsusiyyətidir) baş verdiyi fərz edilir [23]. Nəzəri tədqiqatlar göstərir ki, ZnO kristal qəfəsinə nisbətən Ni³⁺ aşqarının yükü daha böyükdür. Bu aşqarın yaxın ətraf ionlar ilə qarşılıqlı təsiri aralarında rezonans və 8.3THs (273 sm⁻¹) və 11.2THs (373 sm⁻¹) tezlikli yarıq rəqslərinin olduğu zəif intensivlikli 3.2THs (460 sm⁻¹); 7.5THs (250 sm⁻¹); 8.3THs

(273sm⁻¹); 9.9THs (330 sm⁻¹); 11.2THs (373 sm⁻¹); 12.3THs (410 sm⁻¹); 13.8THs (460sm⁻¹); 15THs (500sm⁻¹) maksimumların yaranmasına səbəb olur. Bu rəqslərə uyğun tezliklər cədvəldə göstərilmişdir. Gözləniləyi kimi, bu rəqslərin intensivliyi çox kiçikdir [13]. Lakin çoxsaylı tədqiqatlar vasitəsi ilə infraqırmızı spektrdə diffuz əks-olunmanın eyni tərkibli müxtəlif mikrotozlar üçün defektlərin mövcudluğundan zəif asılılığı aşkar olunmuşdur.

4. NƏTİCƏ

Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ (x=0, 0.25, 0.4, 0.5, 0.6, 0.75, 1.0) mikrotozlarının 4000-50 sm⁻¹ spektral diapazonda diffuz əksolunmasının infraqırmızı spektrləri tədqiq edilmişdir və hər bir tərkib üçün fononların tezliyi müəyyən olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, müxtəlif tərkiblərin spektrlərində müşahidə edilən fərqliliklər Fe²⁺ və Fe³⁺ (hətta Ni²⁺, Ni³⁺, Zn²⁺) ionlarının konsentrasiya nisbətindən dəyişməsi ilə əlaqədardır. Bu isə, müşahidə olunan fərqlərin səbəbinin “sıçrayışlı” elektronlar tərəfindən formalaşan “zəif” maqnit alt qəfəsinin olduğunu fərz etməyə imkan verir.

- [1] E.W. Gorter. Philips Res. Rep., 1954, 9, 4, 295, 5, 321, 6, 403.
- [2] Н.Н. Шольц, К.А. Пискарев. Ферриты для радиочастот. Энергия, М., 1966, 258 с.
- [3] Ю.Г. Чекалкин, А.Е. Теплых. ФТТ 40, 1998, 1503.
- [4] Ю.Н. Михайлов, В.А. Казанцев. ФТТ, 2010, 52, 894.
- [5] В.Г. Костишин, Б.К. Остафийчук, В.В. Мокляк, А.В. Нуриев. Материалы электрон. Техники, 2013, 4, 22.
- [6] Sh.N.Aliyeva, Y.N.Aliyeva, A.I.Nadjafov, I.S. Hasanov, E.K. Huseynov, T.R. Mehdiyev. Phys. Status Solidi C 12, 615, 2015.
- [7] В.Н. Глазков. Магнетизм. Свойства магнитно-упорядоченных кристаллов, МФТИ, М. 2016. 41 с. https://mipt.ru/upload/medialibrary/f4e/13-magnets-2016_apr25.pdf
- [8] Ш.Н. Алиева, А. Наджафов, Т.Р. Мехмиев. AJP Fizika XIX., 2013, s. 107.
- [9] F. Sh. Tehrani, V. Daadmehr, A.T. Rezakhani, R.H. Akbarnejad, S. Gholipour. J. Supercond. Novel Magnetism, 2012, 25, 2443.
- [10] J. Wan, X. Jiang, H. Li, K.Ch. Facile. J. Mater. Chem., 2012, 22, 13500.
- [11] M.K. Raju. Chem. Sci. Transact. , 2015, 4, 137.
- [12] Sh.G. Chou, P.E. Stutzman, Sh. Wang, E.J. Garboczi, W.F. Egelhoff, D.F. Plusquellic. J. Phys. Chem. C., 2012, 116, 16161.
- [13] V.C. Farmer. The Infrared Spectra of Minerals. Mineral.Soc., London, 1974, 539 p.
- [14] J.T. Keiser, C.W. Brown, R.H. Heidersbach. J. Electrochem. Soc., 1982, 129, 2686.
- [15] M. Ma, Yu. Zhang, Yu. Wei, Hao-ying Shen, Haiqian Zhang, N. Gu. Colloids and Surfaces: Physicochemical and Engineering Aspects, 2003, 212, 219.
- [16] Z.R. Marand, M.R. Farimani, N. Shahtahmasebi. Nanomedicine J. 1, 2014, 238.
- [17] S.J. Santosh, E.Sh. Sagar, B.G. Toksha, S.J. Shukla, K.M. Jadhav. Chin. J. Chem. Phys, 2008, 21, 381.
- [18] К.П. Белов. УФН, 1996, 166, 669.
- [19] J.L.M.Vidales, A.L. Delgado, E. Vila, F.A. Lopez. J. Alloys Comp., 1999, 287, 276.
- [20] J. Nishitani, K.Kozuki, T.Nagashima, M.Hangyo. Appl. Phys. Lett. 2010, 96, 221906-1.
- [21] A. Kozłowski, Z. Kakol, Z. Tarnawski. Acta Phys. Pol. A 111, 2007, 537.
- [22] А.Н. Кислов, В.Г. Мазуренко, А.Н. Вараксин. 1999, ФТТ 41, 618.

A.A. Sadigova, S.A. Ahmadova, Sh.N. Aliyeva, T.R. Mehdiyev

IR DIFFUSE REFLECTANCE SPECTRA OF NANOPOWDERS OF Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ FERRITES

The results of experimental studies of the IR diffuse reflectance spectra in the range from 4000 to 50 cm⁻¹ of Ni_{1-x}Zn_xFe₂O₄ ferrite nanopowders with different concentrations of Zn (or Ni) are presented. The dependence of the intensities of the IR spectra of these ferrites on the changing concentrations of Fe²⁺ and Fe³⁺ cations in ferrites of different compositions is found. The features of change of the reflectance spectra were interpreted depending on the ferrite compositions.

A.A. Садыхова, Ш.А. Ахмедова, Ш.Н. Алиева, Т.Р. Мехтиев

ИК СПЕКТРЫ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ НАНОПОРОШКОВ $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ -ФЕРРИТОВ

Представлены результаты экспериментальных исследований спектров диффузного отражения в ИК диапазоне от 4000 до 50 см^{-1} нанопорошков $Ni_{1-x}Zn_xFe_2O_4$ ферритов с различным содержанием Zn (или Ni). Установлены зависимости интенсивностей ИК спектров этих ферритов от изменения концентраций катионов Fe^{2+} и Fe^{3+} в разных составах ферритов. Дана интерпретация особенностей спектров отражения в зависимости от составов ферритов.

Qəbul olunma tarixi: 29.01.2018